

自提冷冻冷藏柜研究现状及展望

徐冠依^{1,2}, 姚喻晨^{1,2}, 张忠斌^{1,2}, 黄 虎^{1,2}, 汪 庆³, 李 峰³

(1. 南京师范大学江苏省能源系统过程转化与减排技术工程实验室, 江苏 南京 210042)

(2. 南京师范大学能源与机械工程学院, 江苏 南京 210042)

(3. 江苏北洋冷链设备科技有限公司, 江苏 泰州 225300)

[摘要] 本文综述了自提冷冻冷藏柜在国内外应用和推广方面的最新进展. 通过对其发展现状的研究, 分析了当前该类研究中的主要瓶颈与不足, 针对冷冻冷藏技术优化、物联网智能互联、自提冷冻冷藏柜内部温度、湿度和风速分布不均和自提冷冻冷藏柜的能效提升等问题进行了探讨, 并结合文献调研, 初步探讨了未来的研发重点.

[关键词] 自提冷柜, 冷冻冷藏技术, 能效, 物联网

[中图分类号] TB657 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2017)03-0044-07

Research Status and Prospect of Self-Service Refrigeration Cabinet

Xu Guanyi^{1,2}, Yao Yuchen^{1,2}, Zhang Zhongbin^{1,2}, Huang Hu^{1,2}, Wang Qing³, Li Feng³

(1. Engineering Laboratory of Energy System Conversion and Emission Reduction of Jiangsu Province,
Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

(2. School of Energy and Mechanical Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

(3. Jiangsu Beiyang Cold-chain Equipment Technology Co., Ltd, Taizhou 225300, China)

Abstract: This paper considers the development of logistics distribution system and self-service refrigeration cabinet system, and reviews on the latest progress in its application and promotion at home and abroad. With the research on the development of self-service refrigeration cabinet, the current major bottleneck and deficiency in this field are analyzed. Focus of the analysis is put on the optimization of refrigeration technology, intelligent interconnection of the internet of things, internal temperature, humidity and air flow distribution, as well as the system efficiency improvement. Thereafter, directions of further investigation are discussed on the basis of a comprehensive literature research and recent development.

Key words: self-service refrigeration cabinet, refrigeration technology, energy efficiency, internet of things

电子商务产业的飞速发展推动了物流行业的不断进步. 移动互联时代, 人们对生活品质提出了更高的要求, 生鲜食品的配送需求日益迫切. 然而普通的物流末端配送常常会遇到物品囤积、配送脱节以及设备故障导致生鲜食品腐烂等情况^[1], 为了更好地解决末端配送造成的问题, 人们开始探究新的解决方案, 一种类似于报箱的自提冷冻冷藏柜开始出现在住宅、办公楼等区域. 自提冷冻冷藏柜解决了生鲜、蔬果等食品配送“最后一公里”难题, 是一种便利、快捷和环保的末端配送交互方式. 耗能高和品质不佳是目前生鲜食品冷冻冷藏技术面临的两大技术难题. 温度、湿度、风速和冷冻速度等是影响生鲜食品品质的主要因素. 目前对自提冷冻冷藏柜的仿真模拟研究还存在一些不足, 同时中国与欧盟等发达国家在自提冷冻冷藏柜的能效标准制定方面有所不同, 还具有很大的优化提升空间.

1 自提冷冻冷藏柜物流配送系统原理与特性

1.1 生鲜产品配送、自提系统

自提冷冻冷藏柜通过网络服务器实现电商平台、物流配送公司及配送终端的对接^[2]. 顾客在电商平

收稿日期: 2017-04-16.

基金项目: 江苏省教育厅高校自然科学基金(15KJD470001).

通讯联系人: 张忠斌, 博士, 副教授, 研究方向: 制冷空调设备性能优化研究. E-mail: 13515112510@163.com

台购买商品的同时在本产品网络服务器(自提平台)上指定自提冷柜终端的位置及柜门编号,订单生成后电商平台通知物流平台配送,自提平台将终端服务系统反馈的货物到达信息反馈给电商平台,电商平台通知顾客取货。

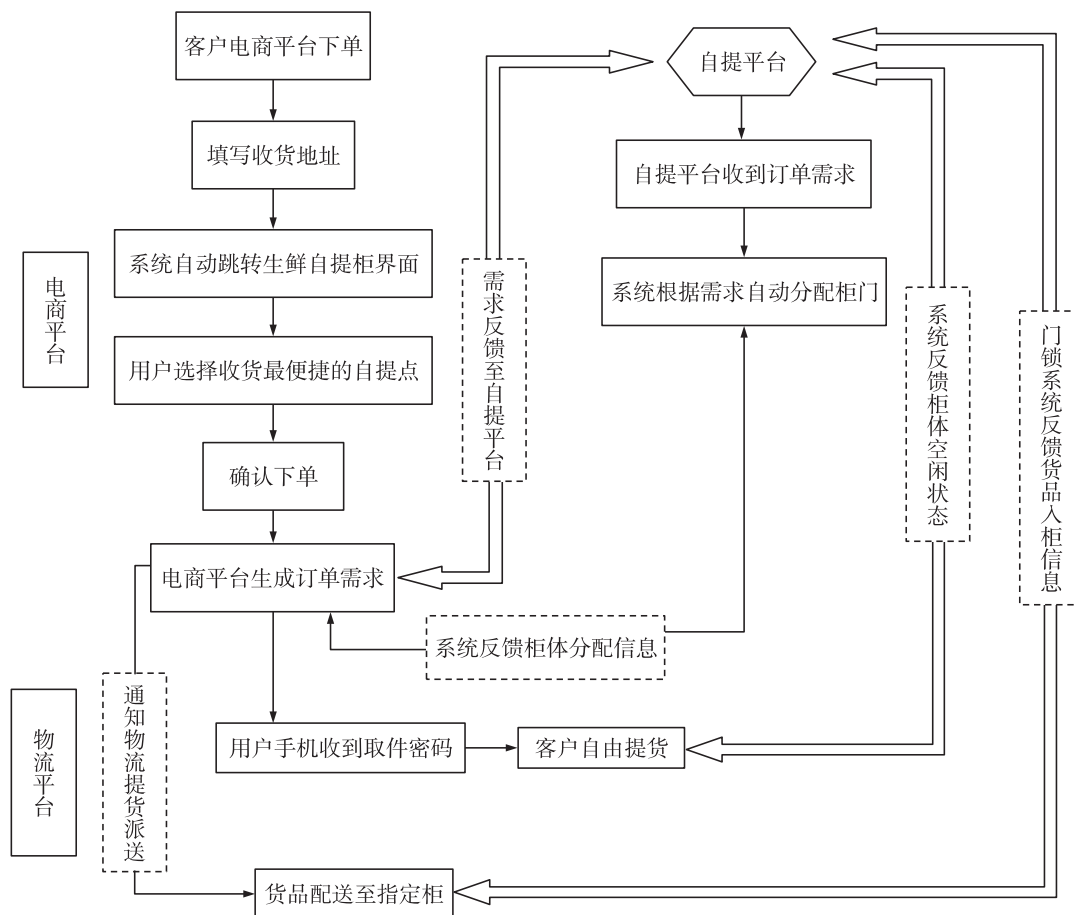


图1 生鲜产品配送自提流程图

Fig. 1 The flow chart of take delivery of fresh product

1.2 自提冷冻冷藏柜系统

自提冷冻冷藏柜系统主要包括制冷系统、网络服务器、终端服务系统、带自控门锁的冷柜终端及户外型终端布置系统,如图2所示。

制冷功能:其上方和下方均为两个相同的冷凝机组,机组包括冷凝器、压缩机、储液罐,以实现冷柜的冷凝功效。蒸发器布置于两边储物柜的上部,通过风机将冷气流送入到各个柜体,以实现整体制冷。

远程网络控制系统:产品终端自带无线网络连接系统,使产品在户外任何地点都能联网,可实现网络服务器与终端产品的实时对接以实现产品远程网络控制。自提冷冻冷藏柜内部的制冷控制器可无线联网,可通过网络对冷柜的运行状态进行监控,用户可通过控制面板或网络远程设置冷藏或冷冻所需温度。

数据采集存储系统:系统主要包括温湿度传感器、风速传感器及压力感应传感器,其中温湿度和风速传感器用于对柜体内部环境的监控和数据采集,针对极端环境地(如严寒地区和炎热地区的用户)进行统一的温度采集,压力感应传感器主要用于对冷柜内部产品规格等数据进行采集,以便有针对性地投放自提冷冻冷藏柜。

终端网络控制系统:终端网络控制系统可以将柜内温度、湿度等数据通过网络实时反馈给用户,并可通过生鲜品质监控器实时监控生鲜产品的品质变化情况,当产品发生腐坏时,可进行警报以告知后台工作人员处理。

自提冷冻冷藏柜正中间为终端交互电脑系统,客户可通过取货码或提货密码进行取货。

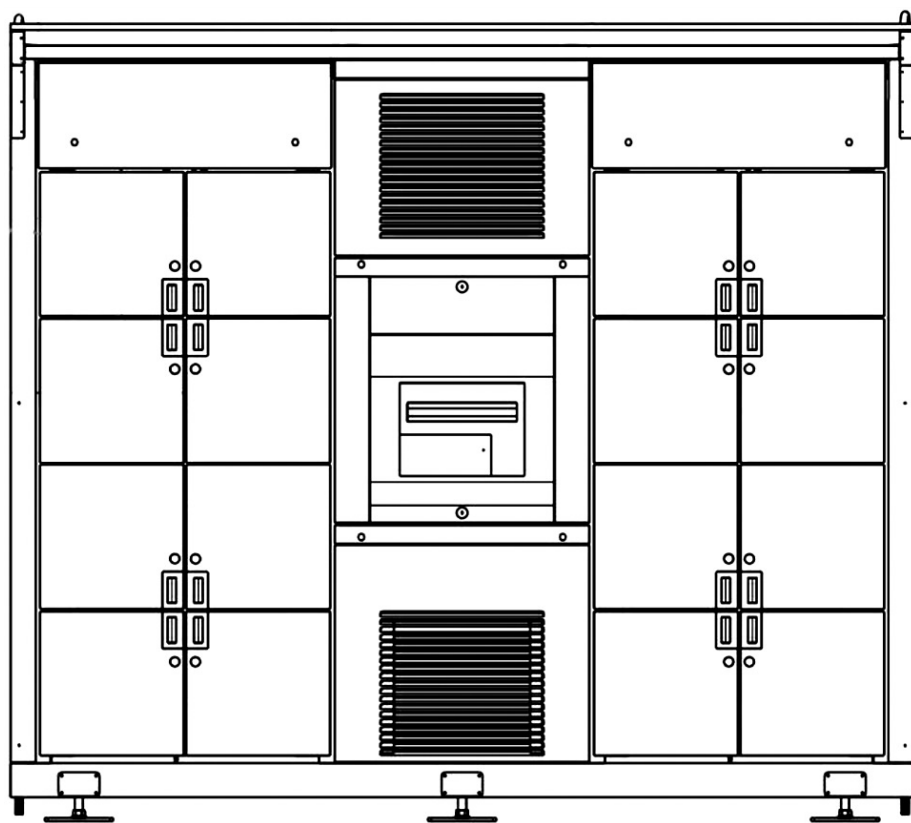


图 2 自提冷冻冷藏柜结构示意图

Fig. 2 The structure diagram of self-service refrigerated cabinet

2 自提冷冻冷藏柜国内外发展状况对比

随着互联网电商行业的发展,新鲜冷冻食品的需求日益增加,巨大的市场需求和有限的供应造成了市场缺口. 2013 年中国生鲜电商交易规模为 130.2 亿元,较 2012 年增长了 221%;2014 年市场交易规模达到了 260.0 亿元,同比增长 100%;预计到 2018 年农产品生鲜电商的交易规模将达到 1 000 亿元以上^[3]. 企业为了争夺这个巨大的市场,会有大量投资资金涌入冷链物流行业. 欧美发达国家已经形成了完整的农产品冷链物流体系,农产品及易腐坏食品的冷链流通率达 95% 以上.

2.1 国外自提冷冻冷藏柜发展状况

欧洲、日本、新加坡等地的自提服务产业比较普及,生鲜自提冷柜站点建设已有 10 多年历史,从其成熟的市场经验来看,自提柜进社区肯定是未来发展的趋势. 目前全球已有超过 20 个国家使用自提柜,但建立形式有所不同.

丹麦邮政和 Coop 连锁公司合作建设,在连锁商店通过智能自提式冷柜终端向用户提供自动生鲜产品寄、取服务. 法国邮政旗下公司 Geopost 与法国邮件技术和服 务巨头 Neopost 公司合作,在法国和欧洲地区建成数千个自提冷冻冷藏系统. 在日本,几乎每栋楼舍都有一个由政府统一投资安装的具有常规功能和冷冻冷藏功能的自提柜,用于居民收发快递,属于一种公益设施. 德国敦豪快递服务公司(DHL)其地位等同于德国的邮政公司,其旗下莆田国际快递自动化包裹邮寄站(Packstation)的推广使用程度涵盖了德国总人口的 90%^[4],并成为一些小区的配套设施. 自提柜系统不单独收费,因设置数量足够多且范围大,其运营收入足以维持投入和维护成本,目前业务已向国外推广^[3]. 近年来,澳大利亚、瑞典、法国等国也陆续开展自提式生鲜冷柜系统的建设. 在美国,自助冷冻冷藏柜相当普遍,亚马逊的“Amazonlocker”一般投放于百货店、24 h 便利店和快餐店,客户可在 3 天内取货. 2012 年底谷歌收购的创业公司 Bufferbox 自提式储物柜更是对中国自提柜的开发和推广起到了促进的作用^[5].

2.2 国内自提冷冻冷藏柜发展状况

国内自提冷冻冷藏柜主要分为 3 种运营模式:电商和快递企业投资建成,自建自用;第三方运营公司

投资建设并向所有类型客户收费运营;房地产开发商建成,由其物业公司运营,供电商和物流公司使用^[6]。

就自提柜本身而言,预计将有数百亿的市场销售份额,是一个可持续发展的产业项目。随着移动互联网的快速发展,社区类 O2O 在国内快速兴起,许多创业公司尝试借助自提柜占据社区生活市场。2012 年,京东商城自提柜开始运营,目前已在全国 37 个城市铺设了上千台自提柜和具有冷冻冷藏功能的生鲜自提柜,日均单量破万;苏宁易购在其全国线下门店也设置了自提冷冻冷藏柜;其他物流企业如韵达、中通、顺丰、圆通等开始尝试使用自提式冷冻冷藏柜;2013 年申通快递宣布将投资 3 000 万元,重点在学校、社区建立约 3 万个用于常规货品和用于食品冷冻冷藏的自提货柜。南京“云柜”自主研发智能云柜系统,已在全市建成 100 多个云柜服务点,并计划 2014 年实际运营 300 个网点,服务辐射 200 万市民;2014 年 9 月,南京首家生鲜百货网上超市——蜜蜂先生,依托“云柜”布局社区电商;其他如深圳“猫屋男孩”、上海“宝盒”、福州“友宝”和“校园 100”都在发展和布局自提货柜和生鲜自提柜。2015 年,顺丰、申通、中通、韵达、普洛斯联合发布公告,共同创建深圳“丰巢”智能自提快递柜和生鲜自提冷冻冷藏柜^[5],并在当年内完成中国 33 个重点城市过万网点布局。2015 年 6 月,速递易依托其在全国近百个大中城市 2.8 万余个自提点的产业优势,顺应生鲜产业的发展,率先试点智能生鲜自提柜的物流模式,目前已覆盖全国各大中型城市。澳柯玛于 2015 年 10 月研发推出了具有冷藏、冷冻功能的生鲜智能提货柜,实现了冷链物流“最后一公里”的无缝衔接。

自提冷冻冷藏柜在国内市场上存在着一定的竞争,但由于本项目是传统的冷链行业与新兴的物联网电子商务产业结合的交叉点,目前竞争处于初期较为混乱的时期,因此优秀的高品质产品必然可以在市场上占得较大的市场份额^[7]。由于种种原因,国外仍有较大的市场亟待开发,竞争较少而需求量逐渐增大。在国外冷链物流行业基础设施完备的条件下,为进一步提高行业的水平,自提冷冻冷藏的需求必然会提高。国内外电子商务的火爆带来了大量资金的进入,未来自提冷冻冷藏设备将会广泛使用,会形成一个规模极其巨大的市场。

3 自提冷冻冷藏柜存在的不足与研发展望

3.1 目前市场上冷冻冷藏柜亟待解决的问题

3.1.1 冷冻冷藏技术

冷冻冷藏工艺是影响生鲜食品品质的重要因素,同时冷冻冷藏储运也是一个耗能巨大的过程。因此,高效、节能的冷藏储运技术亟待探索。

传统的冷冻冷藏储运方法主要是利用天然或人造冰所存储的冷量进行冷冻冷藏,或者只依靠冬季低温环境冷冻冷藏,这类方法经济、有效,但存在着生态环境破坏和食品卫生状况较差等一系列问题。1980 年代,随着蒸汽压缩制冷冷冻冷藏技术的引入,这一现象得到了明显的改善。本世纪以来,以节能减排为特色的能量回收型冷冻冷藏技术得到普遍关注,但因其受环境因素的影响较大而未能得到推广。近年来,磁制冷、半导体制冷等新兴技术的采用使得冷冻冷藏速度大幅提升、冷藏保鲜品质有所提高,但因其费用较高、容积有限等未能得到广泛使用。

3.1.2 “物联网+”型智能自提冷冻冷藏柜

国务院在 2015 年 7 月颁布的《国务院关于积极推进“物联网+”行动的指导意见》中明确指出:加快推动跨行业、区域的物流信息服务产业,提高物流平台信息对接和使用效率。促进大数据、物联网在物流领域的应用,建设智能仓储体系,优化物流运作流程,提升物流仓储的自动化、智能化水平和运转效率,降低物流成本。该指导意见旨在鼓励社区发展自提柜,将传统的快递收寄服务和物联网相结合。

如何更好地将物联网技术与自提冷冻冷藏柜系统相结合,实现对自提冷柜的远程监控、数据采集与分析;将自提冷冻冷藏柜与智能互联技术相结合,通过智能系统检测出产品的相关参数,推荐相符的温区,更大程度地保证生鲜食品的保鲜品质;通过压力、温度和湿度传感器对柜体内部区域进行智能监控,实时判断自提冷冻冷藏系统的运行状态,快速准确地判断是否需要自提冷冻冷藏设备及系统进行人工干预,以上问题的深入探讨和解决将有助于推动“物联网+”智能科技的发展。

3.1.3 能效提升

随着技术进步和节能要求的不断提高,世界各国日益重视冷链物流和冷冻冷藏系统的性能优化和能

效提高问题. 依据欧盟生态设计(Eco-design)要求,研发满足欧盟市场准入条件和拥有自主知识产权的高效节能冷冻冷藏设备,提高产品的国际市场竞争力已迫在眉睫. 与此同时,生鲜食品的采购方式已由超市采购逐步转移到网上购物,诸如户外自提冷冻冷藏设备及系统、户外自提常温柜等新技术和产品得到了较快的发展和应用. 因此,依据冷冻冷藏系统的节能要求,研发满足生态设计要求和拥有专利技术的户外自提冷冻冷藏系统,提高企业产品的国内市场占有率也显得至关重要. 欧盟 ERP(能效指令)和我国制冷器具的能效市场准入要求及产品划分类别和能效等级的差异如表 1 所示^[8].

由于欧盟 ERP 和我国的能效标准在产品划分类别、能效计算方法及能效等级划分上都存在一定差异,因而无法将欧盟的能效等级和我国的等级进行简单、直接的对比,因此只能选择某几种具体类型及型号的特定产品类别进行对比,大致得出两地区间的制冷器具能效等级的对应情况.

表 1 我国与欧盟能效差异对比
Table 1 A comparative analysis of energy efficiency differences between China and EU

	欧盟	中国
能效限值	2012 年 7 月 1 日 EEI<44 成为准入门槛	冷冻冷藏箱 $70\%<\eta<80\%$,其他为 $80\%<\eta\leq 90\%$,低于能效 5 级的产品不能进入市场.
产品划分类别	·划分 10 个类别 ·增加带零星级室的冷藏箱 ·食品冷冻箱,分为立式冷冻箱和卧式冷冻箱 ·增加类别 10:多用途和其他器具 ·器具分类含酒柜和嵌入式器具	·划分为 1-7 个类别 ·不含酒柜和嵌入式器具
能效等级划分	划分为 A、B、C、D、E、F、G 7 个等级, A 级最高;为进一步提高能效,又增加了 A+和 A++两个等级	被分为 5 个等级,等级 1 表示耗能最低,等级 5 耗能最高,冷藏冷冻箱的节能评价值为 $\eta_{EE}=50\%$,其他为 $\eta_{EE}=60\%$,即达到能效等级中的 2 级才能成为节能产品.

3.1.4 节能优化

耗能高和品质不佳是生鲜食品冷冻冷藏技术面临的两大技术难题. 对于户外自提冷冻冷藏设备,温度、湿度、风速和冷冻速度等是影响生鲜食品品质的主要因素^[9]. 为保证气流均匀,现有户外自提冷冻冷藏系统多采用导板导流的方法,但该方法复杂且效果不明显^[10];静压箱孔板送风方式具有送风温度、速度均匀的特点,被广泛应用于要求较高的暖通空调领域^[11],但未见用于户外自提冷冻冷藏系统.

3.1.5 模拟仿真

目前户外自提冷冻冷藏系统的技术研究多采用正交试验和回归分析的方法,过程繁琐、成本巨大^[12]. 近年来,在食品行业中 CFD 数值仿真的方法逐渐流行,用于模拟食品的冷却过程以减少研究成本^[13],但多数研究仅注重对温度场的研究和优化设计以及对空气循环^[14]部分进行分析验证,而速度场及速度场和温度场的耦合对生鲜食品冷冻冷藏质量的影响重视不足^[15].

3.2 自提冷冻冷藏柜系统的研发展望

随着研究问题的不断深入,对于户外自提冷冻冷藏系统技术^[16],还有一些基本的理论和实践问题需要解决:建立完整的、操作推广性较强的冷冻冷藏设备及其系统技术的生态设计标准,用以规范市场,提高企业产品的国际市场竞争力;与蔬果、生鲜等产品配送相结合^[17],研发满足生态农业要求的户外自提冷冻冷藏系统,以提高产品的国内市场占有率;适应物联网发展,为户外自提冷冻冷藏系统提供设备、电控和物联网服务的整体解决方案^[18-19];突破全球变暖指数 GWP<150 的环保制冷剂的高效户外自提冷冻冷藏系统的关键技术;确定户外自提冷冻冷藏系统能效标准的能效限定值的制定原则和能效等级划分依据;建立一种智慧型的物流监控系统,使物流公司与客户之间更加便利地进行货品的交互;等等.

目前我国的冷冻冷藏设备技术从发展水平和能效现状而言,产品达到欧盟生态设计标准的能效限定值和能效等级标准要求还有较多技术困难需要克服^[20]. 需要寻找稳定高效的、适用于冷冻冷藏设备的制冷剂,依据欧盟生态设计要求,研发满足欧盟市场准入条件和拥有自主知识产权的高效节能的户外自提冷冻冷藏设备,提高产品的国际市场竞争力,以期尽快实现技术与国际接轨.

4 结语

自提冷冻冷藏柜是顺应网络发展的产物,极大地满足了人们对高生活品质的追求,它的出现解决了冷

链物流末端配送不便的问题,使得物流公司与客户进行产品交互变得更加便利、快捷和智能化。对于解决因末端物流贮存条件较差而造成的生鲜、蔬果等食品的腐坏问题有积极意义,对于降低物流运输和投递成本也卓有成效。从国内外的新闻和报告中可以看出,自提冷冻冷藏柜在世界范围取得了长足的发展。但也有很多问题亟待解决,例如改善内部流场和温度场的均匀性、通过改进技术手段提高节能效果以达到欧盟市场准入条件和提高生态设计标准、将网络 and 智能技术融入到自提冷冻冷藏柜以便于对自提冷柜进行远程调节和监控等。这些问题的解决将有助于改善目前冷链物流的“最后一公里”环节,提升生鲜、蔬果食品保鲜品质,推动生鲜物流向高效化、便捷化方向发展。

[参考文献](References)

- [1] LAGUERRE O, HOANG M H, FLICK D. Heat transfer modelling in a refrigerated display cabinet; the influence of operating conditions[J]. Journal of food engineering, 2012, 108(2): 353-364.
- [2] 陈骏, 谢地. 智能快递自提系统设计[J]. 机械设计, 2014, 31(8): 111-114.
CHEN J, XIE D. Design on intelligent express self-service system[J]. Journal of machine design, 2014, 31(8): 111-114. (in Chinese)
- [3] 中国产业信息网. 2016年中国生鲜电商行业市场现状及发展趋势分析[R/OL]. [2017-04-15] <http://www.chyxx.com/industry/201602/390021.html>.
CHINA INDUSTRY INFORMATION NETWORK. An analysis of the current situation and development trend of China's fresh products e-commerce in 2016[R/OL]. [2017-04-15] <http://www.chyxx.com/industry/201602/390021.html>. (in Chinese)
- [4] 冯斌. 智能快件箱布局规划与运营模式研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
FENG B. Study on smart express box layout planning and operation mode[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2015. (in Chinese)
- [5] 中华人民共和国国家邮政局. 国家邮政局关于2014年快递服务满意度调查结果的通告[EB/OL]. [2017-04-10] http://www.spb.gov.cn/xw/dttx_15079/201501/t20150126_414192.html.
STATE POST BUREAU OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. The State Post Bureau on the Survey of the Express Service Satisfaction in 2014[EB/OL]. [2017-04-10] http://www.spb.gov.cn/xw/dttx_15079/201501/t20150126_414192.html. (in Chinese)
- [6] 赵昕, 朱建. 快递自提箱建设初探[J]. 物流技术, 2013(18): 33-35.
ZHAO X, ZHU J. A preliminary study on the construction of express[J]. Logistics technology (equipment), 2013(18): 33-35. (in Chinese)
- [7] 中国产业信息网. 2015年中国自提柜行业总体发展规模概况分析及市场展望[R/OL]. [2017-04-15] <http://www.chyxx.com/industry/201510/352504.html>.
CHINA INDUSTRY INFORMATION NETWORK. The overall development scale and market prospects of China's self-service cabinet industry in 2015[R/OL]. [2017-04-15] <http://www.chyxx.com/industry/201510/352504.html>. (in Chinese)
- [8] 中国标准化研究院. 家用电冰箱耗电量限定值及能效等级: GB 12021.2-2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
CHINA NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDIZATION. The maximum allowable values of the energy consumption and energy efficiency grade for household refrigerators: GB 12021.2-2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015. (in Chinese)
- [9] BELMAN F J M, GALLEGOS M A. Analysis of the flow and temperature distribution inside the compartment of a small refrigerator[J]. Applied thermal engineering, 2016(8): 743-752.
- [10] LACERDA V T, MELO C, BARBOSA JR J R, et al. Measurements of the air flow field in the freezer compartment of a top-mount no-frost refrigerator; the effect of temperature[J]. International journal of refrigeration, 2005, 28(5): 774-783.
- [11] DING G L, QIAO H T, LU Z L. Ways to improve thermal uniformity inside a refrigerator[J]. International journal of refrigeration, 2005, 24(13): 1 827-1 840.
- [12] 姜申. 基于物联网的智能电冰箱信息化设计[J]. 物联网技术, 2011, 1(8): 36-40.
JIANG S. Intelligent refrigerator information design based on the Internet of things[J]. The Internet of things technology, 2011, 1(8): 36-40. (in Chinese)
- [13] 肖杨, 刘小鹏. 商用冷柜能效标准及节能技术分析与研究[J]. 冷藏技术, 2015(4): 8-12.
XIAO Y, LIU X P. Analysis and research on energy efficiency standard and energy saving technology of commercial refrigerator[J].

- Cold storage technology, 2015(4):8-12. (in Chinese)
- [14] 李恒国, 户建波. 冷柜门体与箱体配合间隙对能耗的影响[J]. 制冷技术, 2013(4):60-62.
LI H G, HU J B. The influence of the clearance between the refrigerator door and the box body on energy consumption[J]. Refrigeration technology, 2013(4):60-62. (in Chinese)
- [15] 李成祥. 某冷藏箱内温度场和湿度场的数值模拟[D]. 青岛: 青岛大学, 2015.
LI C X. Numerical simulation of temperature field and humidity field in a refrigerated box[D]. Qingdao: Qingdao University, 2015. (in Chinese)
- [16] CEZAR O R N, CHRISTIAN J L H. Energy and cost savings in household refrigerating appliances: a simulation-based design approach[J]. Applied energy, 2011, 88:3 051-3 060.
- [17] SMALE N J, MOUREH J, CORTELLA G. A review of numerical models of airflow in refrigerated food applications[J]. International journal of refrigeration, 2006, 29:911-930.
- [18] 曹雷, 邹建煌, 刘中杰. 基于 CFD 模拟分析的风机风道优化设计[J]. 制冷技术, 2014(5):62-66.
CAO L, ZOU J H, LIU Z J. Optimal design of fan duct based on CFD simulation analysis[J]. Refrigeration technology, 2014(5):62-66. (in Chinese)
- [19] 白莉. CFD 在冰箱结构优化中的应用现状[J]. 企业技术开发, 2014(15):62-64.
BAI L. Application status of CFD in refrigerator structure optimization[J]. Enterprise technology development, 2014(15):62-64. (in Chinese)
- [20] 李刚, 张凤林. 电冰箱能耗与制冷系统优化设计及制冷循环分析[J]. 节能技术, 2004(5):3-6.
LI G, ZHANG F L. The refrigeration and refrigeration system optimization design and refrigeration cycle analysis[J]. Energy saving technology, 2004(5):3-6. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]